

"Express Mail" mailing label number EV327127961US

Date of Deposit: June 20, 2003

Case No. 11371-13
SIEMENS AG Case No. 2002P05927US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Walter Beyerlein et al.

Serial No: To Be Assigned

Examiner: To Be Assigned

Filed: Herewith

Group Art Unit: To Be Assigned

For: CIRCUIT ARRANGEMENT
AND METHOD FOR
GENERATING AN X-RAY
TUBE VOLTAGE

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

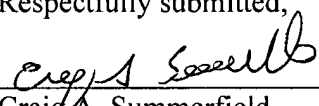
Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Pursuant to 35 U.S.C. §119 (a) and (b), enclosed is a certified copy of the priority document relied on for a priority date by the above captioned application. This priority document is German application number 102 28 336.2, filed June 25, 2002.

Dated: June 20, 2003

Respectfully submitted,



Craig A. Summerfield
Registration No. 37,947
Attorney for Applicant

BRINKS HOFER GILSON & LIONE
P.O. BOX 10395
CHICAGO, IL 60610
(312) 321-4200



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 28 336.2

Anmeldetag: 25. Juni 2002

Anm Ider/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung

IPC: H 05 G 1/32

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Mai 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Hiebinger', written over the printed name.

Hiebinger

Beschreibung

Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung

5 Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung mit einer Wechselrichterschaltung zur Erzeugung einer hochfrequenten Wechselspannung, mit einem Hochspannungserzeuger zur Umwandlung der hochfrequenten Wechselspannung in eine Hochspannung für die Röntgenröhre und mit
0 einer Spannungsregleinrichtung, die auf Basis der Abweichung einer Ist-Röntgenröhrenspannung von einer Soll-Röntgenröhrenspannung einen ersten Stellgrößenwert für eine Stellgröße für die Wechselrichterschaltung zur Erreichung einer Anpassung der Ist-Röntgenröhrenspannung an die Soll-Röntgenröhrenspannung erzeugt. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen
5 Röntgengenerator mit einer derartigen Schaltungsanordnung, eine Röntgeneinrichtung mit einem solchen Röntgengenerator sowie ein entsprechendes Verfahren zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung.

0 Moderne Röntgengeneratoren weisen zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung häufig Schaltungsanordnungen der eingangs genannten Art auf. Da die Netzfrequenz zunächst gleichgerichtet und dann wieder in eine hochfrequente Wechselspannung umgewandelt wird, welche schließlich auf die gewünschte Spannung transformiert wird, werden derartige Generatoren auch
5 als Hochfrequenzgeneratoren bezeichnet. Die Spannungsregleinrichtung dient hierbei dazu, die Hochspannung an der Röntgenröhre möglichst zeitoptimal auf den diagnostisch erforderlichen Wert zu regeln und dort mit der erforderlichen Genauigkeit zu halten. Gegenüber konventionellen Generatoren, bei denen die Hochspannung mit der vorliegenden Netzfrequenz zunächst transformiert, dann gleichgerichtet und schließlich der Röntgenröhre zugeführt wird, hat eine solche Schaltungsanordnung den Vorteil, dass sie im Prinzip durch einen relativ
5 schnellen Regelkreis von Änderungen sowohl der Netzspannung als auch des Röhrenstroms nahezu unabhängig gemacht wer-

den kann und daher die Röhrenspannung sehr gut reproduzierbar ist und konstant gehalten werden kann. Gegenüber den ebenfalls bekannten sogenannten Gleichspannungsgeneratoren, bei denen eine mit Netzfrequenz transformierte und gleichgerichtete Hochspannung mit Hilfe von Trioden fein geregelt wird, haben die Hochfrequenzgeneratoren den Vorteil eines relativ kleinen Bauvolumens und niedrigerer Herstellungskosten. Diese Vorteile sind der Grund für den bevorzugten Einsatz solcher Schaltungsanordnungen in den heutigen Röntgengeneratoren.

Bei den herkömmlichen Schaltungsanordnungen der eingangs genannten Art ergeben sich jedoch Schwierigkeiten aus der Tatsache, das die Parameter der aus dem Wechselrichter und dem Hochspannungskreis bestehenden Regelstrecke in Abhängigkeit vom gewählten Arbeitspunkt der Röntgenröhre einen großen Wertebereich umfassen und dass insbesondere der Wechselrichter - bedingt durch Resonanzerscheinungen im Wechselrichter - ein stark nichtlineares Regelkreisglied darstellt. Weiterhin darf der Schwingstrom des Wechselrichters einen vorgegebenen Maximalwert nicht überschreiten, um eine Beschädigung der Leistungshalbleiter zu vermeiden. Bei einem konventionellen, einläufigen Röntgenröhrenspannungsregelkreis muss daher dessen Regelgeschwindigkeit zumindest so langsam eingestellt werden, dass der Schwingkreisstrom auch beim Hochfahren den maximal zulässigen Wert nicht überschreitet. Dadurch wird zwangsläufig aber auch das Kleinsignalverhalten des Regelkreises unnötig verlangsamt, was ein langsames Ausregeln von Störgrößen zur Folge hat, als dies an sich möglich wäre. Außerdem wird bei einer solchen einläufigen Regelung der Schwingstrom nur indirekt begrenzt. Daher sind bei einer Umdimensionierung des Wechselrichters auch die Regelparameter der Regelung bezüglich des Schwingstroms entsprechend anzupassen. Eine einfache Spannungsregeleinrichtung kann somit die an sie gestellten Anforderungen nur unbefriedigend lösen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Alternative zu dem bekannten Stand der Technik zu schaffen, welche

eine Regelung mit hoher Geschwindigkeit erlaubt, ohne dass der maximal zulässige Schwingstrom dabei überschritten wird.

5 Diese Aufgabe wird durch eine Schaltungsanordnung gemäß Patentanspruch 1 und durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 9 gelöst.

10 Erfindungsgemäß weist die Schaltungsanordnung hierzu zusätzlich eine Messschaltung zur Messung eines an einem Ausgang der Wechselrichterschaltung anliegenden Schwingstroms der hochfrequenten Wechselspannung auf. Mittels einer Schwingstromregleinrichtung wird dann auf Basis der Abweichung eines ermittelten aktuellen Ist-Schwingstromwerts von einem vorgegebenen Schwingstrom-Maximalwert ein zweiter Stellgrößenwert für die genannte Stellgröße für die Wechselrichterschaltung erzeugt. Der Spannungsregleinrichtung und der Schwingstromregleinrichtung ist dann eine Schalteinrichtung nachgeschaltet, welche den ersten Stellgrößenwert und den zweiten Stellgrößenwert vergleicht und nur den jeweils kleineren Stellgrößenwert als resultierenden Stellgrößenwert an die Wechselrichterschaltung weiterleitet.

25 Durch das erfindungsgemäße Verfahren, mittels einer Schwingstromregleinrichtung separat einen zweiten Stellgrößenwert anhand der Abweichungen eines Ist-Schwingstromwerts von einem vorgegebenen Schwingstrom-Maximalwert zu ermitteln und mit dem ersten Stellgrößenwert der Spannungsregleinrichtung zu vergleichen und dabei nur den jeweils kleineren Stellgrößenwert der Wechselrichterschaltung zuzuführen, wird erreicht, dass im Normalfall eine sehr schnelle Regelung durch die Spannungsregleinrichtung erfolgt, die nur in den Grenzfällen, wenn ein kritischer Bereich bezüglich des Schwingstroms erreicht ist, durch die Schwingstromregleinrichtung abgelöst wird. Das heißt, bei dieser „Ablöseregelung“ wird, solange 35 die Spannungsregleinrichtung „normal“ arbeitet und nur einen Schwingstrom „beansprucht“, der kleiner ist als der maximal zulässige Schwingstrom, die Stellgröße der Spannungsreglein-

richtung an die Regelstrecke weitergegeben. Nur dann, wenn der maximal zulässige Schwingstrom erreicht bzw. überschritten würde, was z. B. beim Hochfahren in der Regel der Fall sein wird, greift die Schwingstromregeleinrichtung ein und
5 begrenzt den Schwingstrom auf seinen maximal zulässigen Wert.

Die abhängigen Ansprüche enthalten jeweils besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

10 Vorzugsweise wird zumindest für eine der beiden Regeleinrichtungen, besonders bevorzugt für beide Regeleinrichtungen, jeweils zumindest ein PI-Regler (Proportional/Integral-Regler) verwendet. Der Integralanteil des betreffenden Reglers hat
15 die Aufgabe, den stationären Regelfehler, d. h. den Regelfehler im eingeschwungenen Zustand, zu Null zu zwingen. Damit wird eine bleibende Regelabweichung sicher vermieden. Die Regeleinrichtungen bestehen hierbei vorzugsweise aus hintereinander geschalteten Proportionalteilen und Integralteilen. Der Vorteil gegenüber einer parallelen PI-Reglerstruktur besteht
20 darin, dass hierbei die Reglerparameter betreffend die Verstärkung und die Nachstellzeit getrennt voneinander eingestellt werden können. Anstelle eines PI-Reglers kann auch jeweils ein PID-Regler verwendet werden.

25 Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Ausgang der Schalteinrichtung mit einem Eingang der Spannungsregeleinrichtung und/oder der Schwingstromregeleinrichtung verbunden, um den resultierenden Stellgrößenwert zurückzuführen. Die Spannungsregeleinrichtung und/oder die Schwingstromregeleinrichtung sind dabei derart ausgebildet, dass sie
30 mit dem resultierenden Stellgrößenwert mitgeführt werden, wenn der von der betreffenden Regeleinrichtung erzeugte Stellgrößenwert nicht selbst als resultierender Stellgrößenwert weitergeleitet wird. Hierzu vergleicht die jeweilige Regeleinrichtung die resultierende Stellgröße mit dem eigenen,
35 intern ebenfalls rückgeführten Stellgrößenwert. Durch diese Variante werden zusätzliche Einschwingvorgänge aufgrund von

Sprüngen beim Umschalten zwischen den beiden Regeleinrichtungen sicher verhindert.

Vorzugsweise ist die Schalteinrichtung derart ausgebildet,
5 dass sie zumindest einen vorgegebenen Stellgrößen-Minimalwert als resultierenden Stellgrößenwert an die Wechselrichterschaltung weiterleitet. Außerdem wird vorzugsweise auch maximal ein vorgegebener Stellgrößen-Maximalwert als resultierender Stellgrößenwert an die Wechselrichterschaltung weitergeleitet.
10 Dadurch wird die resultierende Stellgröße aktiv auf einen Bereich zwischen dem Minimalwert und dem Maximalwert begrenzt.

Da die Reglerparameter, d. h. die Reglerverstärkung und die
15 Nachstellzeit, in der Regel arbeitspunktabhängig sind, weisen die Spannungsregeleinrichtung und/oder die Schwingstromregeleinrichtung bevorzugt jeweils Mittel auf, um in Abhängigkeit von einer eingestellten Röntgenröhrenspannung und/oder in Abhängigkeit von einem eingestellten Röntgenröhrenstrom
20 zumindest eine Kenngröße (= Reglerparameter) der betreffenden Regeleinrichtung zu variieren. Das heißt, es wird ein Wert für die eingestellte Röntgenröhrenspannung sowie vorzugsweise auch für den eingestellten Röntgenröhrenstrom auf entsprechende Eingänge der jeweiligen Regeleinrichtung gegeben,
25 wodurch intern die Kenngrößen der betreffenden Regeleinrichtungen passend eingestellt werden.

Eine solche erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung kann prinzipiell in jedem
30 herkömmlichen Röntgengenerator eingesetzt werden, unabhängig davon, wie der Röntgengenerator bezüglich seiner weiteren Komponenten wie beispielsweise der verschiedenen Messeinrichtungen oder der Heizstromversorgung aufgebaut ist. Ebenso kann die Erfindung weitgehend unabhängig von der konkreten
35 Ausgestaltung der Wechselrichterschaltung und des Hochspannungserzeugers eingesetzt werden.

Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beige-
fügten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal
näher erläutert. Aus den beschriebenen Beispielen sowie den
Zeichnungen ergeben sich weitere Vorteile, Merkmale und Ein-
5 zelheiten der Erfindung. Es zeigen:

Figur 1a eine Prinzipskizze einer Schaltungsanordnung nach
dem Stand der Technik mit einer Wechselrichterschalt-
10 tung und einem dahinter geschalteten Hochspannungs-
erzeuger zu Erzeugung einer Hochspannung für eine
Röntgenröhre,

Figur 1b eine Modelldarstellung eines Regelkreises für eine
Schaltungsanordnung nach dem Stand der Technik gemäß
15 Figur 1a,

Figur 2 eine Modelldarstellung des Regelkreises einer erfin-
dungsgemäßen Schaltungsanordnung,

20 Figur 3 eine detailliertere Modelldarstellung des Regelkrei-
ses einer besonders vorteilhaften Variante der er-
findungsgemäßen Schaltungsanordnung.

25 In Figur 1a sind die typischen Komponenten eines Röntgengene-
rators dargestellt, die bezüglich der Regelung der Röntgen-
röhrenspannung $U_{R\phi}$ die Regelstrecke darstellen. Hierzu gehö-
ren zunächst ein Schwingkreiswechselrichter G_{si} , ein Hochspan-
nungserzeuger G_{su} sowie eine Röntgenröhre 6.

30 Die Wechselrichterschaltung G_{si} weist mehrere Leistungshalb-
leiter 3 auf, welche entsprechend so geschaltet werden, dass
eine Zwischenkreisgleichspannung V_z in eine Hochfrequenzspan-
nung umgewandelt wird. Die Wechselrichterschaltung G_{si} weist
außerdem einen Spannungsfrequenzwandler 2 auf, welcher einen
35 Spannungswert $Y(t)$ in eine Ansteuerfrequenz f_a umwandelt, mit
der die Leistungshalbleiter 3 des Wechselrichters G_{si} ange-

steuert werden. Die Eingangsspannung bildet somit die Stellgröße $Y(t)$ der Regelstrecke.

Bei der Wechselrichterschaltung G_{si} handelt es sich hier um
5 einen Schwingkreiswechselrichter (Inverter). Es können aber auch andere Wechselrichterschaltungen, beispielsweise ein Rechteckwechselrichter bzw. beliebige Serien- oder Multiresonanzwechselrichter, verwendet werden.

10 Der Hochspannungserzeuger G_{su} besteht zum einen aus einem Transformator 4 mit einem Übertragungsfaktor \bar{u} und einer dem Transformator nachgeschalteten Gleichricht- und Glättungseinrichtung 5. Die am Ausgang der Gleichricht- und Glättungseinrichtung 5 vorliegenden Röntgenröhrenspannung $U_{R\delta}$ wird der
15 Röntgenröhre 6 zugeführt.

Figur 1b zeigt ein Strukturbild für einen Regelkreis nach dem Stand der Technik. Die Wechselrichterschaltung G_{si} wird hier als Block dargestellt und kann im regelungstechnischen Sinn
20 durch den proportionalen Übertragungsfaktor K_{si} und eine Zeitkonstante T_{si} beschrieben werden, wobei insbesondere der proportionale Übertragungsfaktor K_{si} durch Resonanzerscheinungen im Wechselrichter G_{si} stark nichtlinear ist, d. h. vom Arbeitspunkt des Wechselrichters G_{si} abhängt.

25

Der Hochspannungserzeuger G_{su} wird ebenfalls als Block dargestellt. Er kann durch den proportionalen Übertragungsfaktor K_{su} und die Zeitkonstante T_{su} beschrieben werden, wobei beide Größen unmittelbar von der Röntgenröhrenspannung $U_{R\delta}$ und dem
30 Röntgenröhrenstrom $I_{R\delta}$ abhängen, d. h. arbeitspunktabhängig einen großen Wertebereich umfassen. $i_{sw}(t)$ ist der Schwingstrom des Wechselrichters G_{si} , der die Primärwicklung des Hochspannungstransformators 4 des Hochspannungserzeugers G_{su} versorgt. Um eine Beschädigung der Leistungshalbleiter 3 in
35 der Wechselrichterschaltung G_{si} zu vermeiden, darf der Schwingstrom $i_{sw}(t)$ einen Maximalwert nicht übersteigen.

Gemäß dem Stand der Technik wird zur Regelung der Ausgangsspannung am Hochspannungserzeuger G_{su} die dort zu einem bestimmten Zeitpunkt t anliegende Ist-Spannung $V_U(t)$ mit einem Sollwert $W_U(t)$ verglichen, welcher der gewünschten Röntgenröhrenspannung U_{R0} entspricht, d. h. die Differenz wird einer Spannungsregelung G_{RU} zugeführt, welche hier ebenfalls in Form eines Blocks dargestellt ist.

Bei dieser Spannungsregeleinrichtung G_{RU} handelt es sich herkömmlicherweise um einen einfachen PI-Regler, welcher in Abhängigkeit von der Abweichung des Istwerts $V_U(t)$ vom Sollwert $W_U(t)$ die Stellgröße $Y(t)$ erzeugt, welche dann auf den Eingang des Spannungsfrequenzwandlers 2 der Wechselrichterschaltung G_{si} gegeben wird.

Bei einem solchen konventionellen Regelkreis gemäß Figur 1b muss die Regelgeschwindigkeit der Spannungsregeleinrichtung G_{RU} so langsam eingestellt werden, dass der Schwingstrom $i_{sw}(t)$ auch beim Hochfahren den maximal zulässigen Wert nicht überschreitet. Dies bedeutet, dass keine schnelle Regelung mit dem Spannungsregler G_{RU} möglich ist und damit auch Störungen nur langsam ausgeregelt werden. Bei einer Umdimensionierung der Wechselrichterschaltung G_{si} müssen außerdem die Reglerparameter des Spannungsreglers G_{RU} entsprechend angepasst werden, da hier ja nur eine indirekte Begrenzung des Schwingstroms $i_{sw}(t)$ erfolgt.

Figur 2 zeigt im Vergleich zu Figur 1b deutlich die erfindungsgemäße Änderung der Struktur des Regelkreises. Bei dieser Ablöserregelung wird erfindungsgemäß zwischen zwei im Prinzip parallel geführten Regelkreisstrukturen umgeschaltet.

Wie beim Stand der Technik gemäß Figur 1b bildet auch hier die Röntgenröhren-Spannungsregeleinrichtung G_{RU} aus der Differenz zwischen der gewünschten Röntgenröhrenspannung, d. h. der Sollspannung $W_U(t)$, und der tatsächlichen Röntgenröhren-

spannung, d. h. der Ist-Röntgenröhrenspannung $V_U(t)$ in sinnvoller Weise eine Stellgröße $Y_U(t)$.

Zusätzlich wird jedoch mittels eines Glättungsglieds 7 der Schwingstrom $i_{sw}(t)$ gemessen. Dieses Glättungsglied 7 wird durch die zusätzliche Zeitkonstante T_{MI} regeltechnisch beschrieben. Der dabei ermittelte Ist-Schwingstromwert $V_I(t)$ wird mit einem maximal zulässigen Schwingstromwert W_{I_max} (=Sollwert) verglichen, d. h. es wird die Differenz dieser Werte gebildet und einer weiteren Regeleinrichtung, der Schwingstromregeleinrichtung G_{RI} , zugeführt, welche ebenfalls einen Stellgrößenwert $Y_I(t)$ für die Stellgröße für die Wechselrichterschaltung G_{si} bildet.

Sowohl der erste Stellgrößenwert $Y_U(t)$, der von der Spannungsregeleinrichtung G_{RU} gebildet wird, als auch der zweite Stellgrößenwert $Y_I(t)$, der von der Schwingstromregeleinrichtung G_{RI} gebildet wird, werden zu einer Schalteinrichtung 8 geführt. Diese Schalteinrichtung 8 wählt zwischen den beiden Stellgrößenwerten $Y_U(t)$ und $Y_I(t)$ denjenigen Stellgrößenwert $Y_U(t)$, $Y_I(t)$ aus, der zum aktuellen Zeitpunkt t kleiner ist, und leitet diesen Stellgrößenwert $Y_U(t)$, $Y_I(t)$ als resultierenden Stellgrößenwert $Y(t)$ an die Wechselrichterschaltung G_{si} weiter.

25

Beide Regeleinrichtungen G_{RI} , G_{RU} beinhalten hier jeweils einen PI-Regler. Durch den Integralanteil der PI-Regler wird eine bleibende Regelabweichung vermieden.

Diese Ablöseregelung gemäß Figur 2 hat den Vorteil, dass im „Normalfall“ die Spannungsregeleinrichtung G_{RU} für die Regelung der Röntgenröhrenspannung zuständig ist. Lediglich in den Fällen, in denen der von der Spannungsregeleinrichtung G_{RU} erzeugte aktuelle Stellgrößenwert $Y_U(t)$ dazu führen würde, dass der Schwingstrom $i_{sw}(t)$ einen erlaubten Maximalwert überschreiten würde, ist der von der Schwingstromregeleinrichtung G_{RI} erzeugte aktuelle Stellgrößenwert $Y_I(t)$ kleiner

als der von der Spannungsregeleinrichtung G_{RU} erzeugte Stellgrößenwert $Y_U(t)$. Daher wird in diesen Fällen die Spannungsregeleinrichtung G_{RU} quasi außer Kraft gesetzt und es wirkt nur die Schwingstromregeleinrichtung G_{RI} . Dies hat den Vorteil, dass die Spannungsregeleinrichtung G_{RU} erheblich schneller eingestellt werden kann als bei einem Regelkreis gemäß dem Stand der Technik und somit dementsprechend schnell Störgrößen ausgeregelt werden können. Durch die Ablösung in Extremfällen wird dennoch sicher verhindert, dass der Schwingstrom $i_{sw}(t)$ den zulässigen Maximalwert überschreitet.

Die Röntgenröhrenspannungsregelung selbst wird bei dem erfindungsgemäßen Aufbau im Normalfall nicht durch die Messzeitkonstante T_{MI} des Schwingstroms $i_{sw}(t)$ verlangsamt, da das Glättungsglied 7 nicht im Regelkreis der Röntgenröhrenspannung liegt.

Da die Parameter der beiden Teilregelstrecken jeweils vom aktuellen Arbeitspunkt der Röntgenröhre 6 abhängen, lässt sich die Dimensionierung der beiden Regeleinrichtungen G_{RU} , G_{RI} wesentlich erleichtern, wenn ihre Kenngrößen, d. h. die Reglerverstärkungen und die Nachstellzeiten, arbeitspunktabhängig gesteuert werden. Hierzu werden, wie dies in Figur 2 schematisch dargestellt wird, den beiden Regeleinrichtungen G_{RI} , G_{RU} jeweils die Werte der eingestellten Röntgenröhrenspannung U_{R0} und des eingestellten Röntgenröhrenstroms I_{R0} zugeführt.

Figur 3 zeigt ein detaillierteres Strukturbild des Regelkreises gemäß Figur 2, wobei die Regelkreise hier zusätzliche, besonders vorteilhafte Merkmale aufweisen.

Ein zusätzliches Merkmal besteht darin, dass hier die Schalteinrichtung 8 weitere Eingänge aufweist, über die der Schalteinrichtung 8 ein Stellgrößenmaximalwert Y_{max} und ein Stellgrößenminimalwert Y_{min} vorgegeben werden. Die Schalteinrichtung 8 ist dabei so aufgebaut, dass zumindest der Stellgrößenminimalwert Y_{min} und maximal der Stellgrößenmaximalwert Y_{max}

ausgegeben werden. Das heißt, es wird dynamisch ein Stellgrößenbereich vorgegeben, innerhalb dessen sich die aktuell an die Wechselrichterschaltung G_{si} weitergeleitete Stellgröße $Y(t)$ bewegt. Der Stellgrößenmaximalwert Y_{max} und der Stellgrößenminimalwert Y_{min} werden in der Regel werkseitig eingestellt. Sie können insoweit auch durch entsprechende Auslegung der Schalteinrichtung 8 selbst bereits vorgegeben sein.

Außerdem ist in Figur 3 ein genauerer Aufbau der Spannungsregelereinrichtung G_{RU} und der Schwingstromregelereinrichtung G_{RI} dargestellt. Es handelt sich hierbei jeweils um PI-Regler mit einem Proportionalanteil 12, 15 und einem dahintergeschalteten Integralanteil 13, 14. Regelungstechnisch sind die Proportionalanteile 12, 15 wieder jeweils durch die Übertragungsfaktoren K_{PRI} bzw. K_{PRU} bestimmt und die Integralanteile 13, 14 durch die Zeitkonstanten T_{NI} bzw. T_{NU} .

Dieser in Figur 3 dargestellte Aufbau mit hintereinander geschalteten Proportionalanteilen 12, 15 und Integralanteilen 13, 14 hat gegenüber einer parallelen PI-Reglerstruktur den Vorteil, dass hier die Reglerverstärkungen K_{PRI} , K_{PRU} und die Nachstellzeiten T_{NI} , T_{NU} jeweils getrennt voneinander eingestellt werden können.

Als weiteres Merkmal wird bei diesem Ausführungsbeispiel jeweils durch eine Verbindung des Ausgangs 9 der Schalteinrichtung 8 mit zusätzlichen Eingängen 10, 11 der Spannungsregelereinrichtung G_{RU} bzw. der Schwingstromregelereinrichtung G_{RI} der resultierende Stellgrößenwert $Y(t)$ zurückgekoppelt. Intern wird außerdem der jeweils von der Regeleinrichtung G_{RU} , G_{RI} erzeugte eigene Stellgrößenwert $Y_U(t)$, $Y_I(t)$ vor den Integralanteil 13, 14 zurückgekoppelt und die Differenz zwischen dem rückgekoppelten, resultierenden Stellgrößenwert $Y(t)$ und dem jeweils eigenen Stellgrößenwert $Y_U(t)$, $Y_I(t)$ gebildet.

Das heißt, beide Regeleinrichtungen G_{RU} , G_{RI} weisen jeweils Begrenzungsbeobachter auf, die derart gekoppelt sind, dass der Integralanteil 13, 14 der jeweils inaktiven Regeleinrichtung G_{RU} , G_{RI} vom Integralanteil 13, 14 der aktiven Regeleinrichtung - d. h. der Regeleinrichtung G_{RU} , G_{RI} , deren Stellgrößenwert $Y_U(t)$, $Y_I(t)$ gerade den resultierenden Stellgrößenwert $Y(t)$ bildet - mitgeführt wird. Auf diese Weise werden Störungen beim Umschalten zwischen den Regeleinrichtungen G_{RU} , G_{RI} vermieden. Ansonsten würde die Gefahr bestehen, dass die Regeleinrichtungen G_{RU} , G_{RI} in den Anschlag laufen, was zur Folge hätte, dass die Integralanteile 13, 14 überladen werden. Dies würde wiederum eine Verschlechterung des Einschwingverhaltens beim Umschalten zur Folge haben (Wind-Up-Effekt).

15

Es wird noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den in den Figuren dargestellten Schaltungsanordnungen nur um Ausführungsbeispiele handelt und für den Fachmann eine Vielzahl von Variationsmöglichkeiten zur Realisierung einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung bestehen. So kann z. B. auch eine adaptive Regelung des Spannungsreglers in der Weise erfolgen, dass die Nachstellzeit abhängig vom Röhrenspannungswert im Verlauf der Röhrenspannung eingestellt wird.

20

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung (1) zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung

- 5 mit einer Wechselrichterschaltung (G_{si}) zur Erzeugung einer hochfrequenten Wechselspannung,
mit einem Hochspannungserzeuger (G_{su}) zur Umwandlung der hochfrequenten Wechselspannung in eine Hochspannung für die Röntgenröhre (6)

- 10 und mit einer Spannungsregleinrichtung (G_{RU}), die auf Basis der Abweichung einer Ist-Röntgenröhrenspannung ($V_U(t)$) von einer Soll-Röntgenröhrenspannung ($W_U(t)$) einen ersten Stellgrößenwert ($Y_U(t)$) für eine Stellgröße für die Wechselrichterschaltung (G_{si}) zur Erreichung einer Anpassung der Ist-Röntgenröhrenspannung ($V_U(t)$) an die Soll-Röntgenröhrenspannung ($W_U(t)$) erzeugt,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
eine Messschaltung (7) zur Messung eines an einem Ausgang der Wechselrichterschaltung (G_{si}) anliegenden Schwingstroms

- 20 ($i_{sw}(t)$) der hochfrequenten Wechselspannung,
eine Schwingstromregleinrichtung (G_{RI}), um auf Basis der Abweichung eines ermittelten Ist-Schwingstromwerts ($V_I(t)$) von einem vorgegebenen Schwingstrom-Maximalwert (W_{I_max}) einen zweiten Stellgrößenwert ($Y_I(t)$) für die genannte Stellgröße zu erzeugen,

und eine der Spannungsregleinrichtung (G_{RU}) und der Schwingstromregleinrichtung (G_{RI}) nachgeschaltete Schalteinrichtung (8), welche derart ausgebildet ist, dass sie den ersten Stellgrößenwert ($Y_U(t)$) und den zweiten Stellgrößenwert

- 30 ($Y_I(t)$) vergleicht und nur den jeweils kleineren Stellgrößenwert ($Y_U(t)$, $Y_I(t)$) als resultierenden Stellgrößenwert ($Y(t)$) an die Wechselrichterschaltung (G_{si}) weiterleitet.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,

- 35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Spannungsregleinrichtung (G_{RU}) und/oder die Schwingstromregleinrichtung (G_{RI}) einen PI-Regler umfassen.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Ausgang (9) der Schalteinrichtung (8) zur Rückführung des
resultierenden Stellgrößenwerts ($Y(t)$) mit einem Eingang (10,
5 11) der Spannungsregeleinrichtung (G_{RU}) und/oder der Schwing-
stromregeleinrichtung (G_{RI}) verbunden ist und dass die Span-
nungsregeleinrichtung (G_{RU}) und/oder die Schwingstromre-
geleinrichtung (G_{RI}) derart ausgebildet sind, dass sie mit
dem resultierenden Stellgrößenwert ($Y(t)$) mitgeführt werden,
10 wenn der von der betreffenden Regeleinrichtung erzeugte
Stellgrößenwert ($Y_U(t)$, $Y_I(t)$) nicht als resultierender
Stellgrößenwert ($Y(t)$) weitergeleitet wird.

4. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
15 dadurch gekennzeichnet, dass
die Schalteinrichtung (8) derart ausgebildet ist, dass sie
zumindest einen vorgegebenen Stellgrößenminimalwert (Y_{\min}) als
resultierenden Stellgrößenwert ($Y(t)$) an die Wechselrichter-
schaltung (G_{Si}) weiterleitet.

20 5. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schalteinrichtung (8) derart ausgebildet ist, dass sie
maximal einen vorgegebenen Stellgrößenmaximalwert (Y_{\max}) als
25 resultierenden Stellgrößenwert ($Y(t)$) an die Wechselrichter-
schaltung (G_{Si}) weiterleitet.

6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
30 die Spannungsregeleinrichtung (G_{RU}) und/oder die Schwing-
stromregeleinrichtung (G_{RI}) jeweils Mittel aufweisen, um in
Abhängigkeit von einer eingestellten Röntgenröhrenspannung
(U_{R8}) und/oder in Abhängigkeit von einem eingestellten Rönt-
genröhrenstrom (I_{R8}) zumindest eine Kenngröße der betreffen-
35 den Regeleinrichtung (G_{RU} , G_{RI}) zu variieren.

7. Röntgengenerator mit einer Schaltungsanordnung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6.

5 8. Röntgeneinrichtung mit einem Röntgengenerator nach Anspruch 7.

9. Verfahren zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung, bei dem zunächst mittels einer Wechselrichterschaltung (G_{si}) eine hochfrequenten Wechselspannung erzeugt wird, welche dann
10 in eine Hochspannung für die Röntgenröhre (6) umgewandelt wird,

wobei auf Basis der Abweichung eines Ist-Spannungswerts ($V_U(t)$) von einem Soll-Spannungswert ($W_U(t)$) mittels einer Spannungsregeleinrichtung (G_{RU}) ein erster Stellgrößenwert
15 ($Y_U(t)$) für eine Stellgröße für die Wechselrichterschaltung (G_{si}) zur Anpassung des Ist-Spannungswerts ($V_U(t)$) an den Soll-Spannungswert ($W_U(t)$) erzeugt wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
auf Basis der Abweichung eines an einem Ausgang der Wechsel-
20 richterschaltung (G_{si}) ermittelten Ist-Schwingstromwerts ($V_I(t)$) der hochfrequenten Wechselspannung von einem vorgegebenen Schwingstrom-Maximalwert (W_{I_max}) mittels einer Schwingstromregeleinrichtung (G_{SI}) ein zweiter Stellgrößenwert ($Y_I(t)$) für die genannte Stellgröße erzeugt wird,

25 und dann der erste Stellgrößenwert ($Y_U(t)$) und der zweite Stellgrößenwert ($Y_I(t)$) verglichen werden und der jeweils kleinere Stellgrößenwert ($Y_U(t)$, $Y_I(t)$) als resultierender Stellgrößenwert ($Y(t)$) der Wechselrichterschaltung (G_{si}) zugeführt wird.

30

10. Verfahren nach Anspruch 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
als Spannungsregeleinrichtung (G_{RU}) und/oder als Schwingstromregeleinrichtung (G_{SI}) ein PI-Regler verwendet wird.

35

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

der resultierende Stellgrößenwert ($Y(t)$) als ein Eingangswert an die Spannungsregleinrichtung (G_{RU}) und/oder die Schwingstromregleinrichtung (G_{RI}) zurückgeführt wird und die betreffende Regleinrichtung (G_{RU} , G_{RI}) mit dem resultierenden

5 Stellgrößenwert ($Y(t)$) mitgeführt wird, wenn der von ihr erzeugte Stellgrößenwert ($Y_U(t)$, $Y_I(t)$) nicht als resultierender Stellgrößenwert ($Y(t)$) der Wechselrichterschaltung (G_{SI}) zugeführt wird.

10 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein vorgegebener Stellgrößenminimalwert (Y_{min}) als resultierender Stellgrößenwert ($Y(t)$) der Wechselrichterschaltung (G_{SI}) zugeführt wird.

15

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass maximal ein vorgegebener Stellgrößenmaximalwert (Y_{max}) als resultierender Stellgrößenwert ($Y(t)$) der Wechselrichterschaltung (G_{SI}) zugeführt wird.

20

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Kenngröße der Spannungsregleinrichtung (G_{RU}) und/oder der Schwingstromregleinrichtung (G_{RI}) in Abhängigkeit von einer eingestellten Röntgenröhrenspannung (U_{R0}) und/oder in Abhängigkeit von einem eingestellten Röntgenröhrenstrom (I_{R0}) variiert wird.

25

30

Zusammenfassung

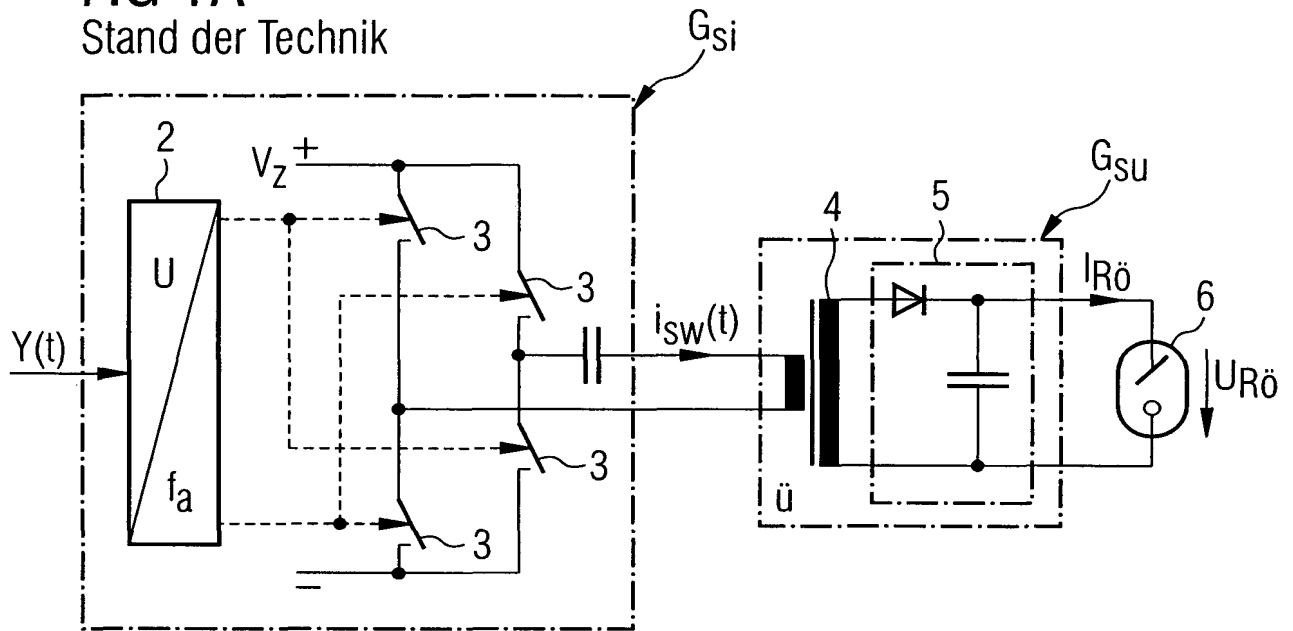
Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung

- 5 Es wird eine Schaltungsanordnung (1) zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung beschrieben, mit einer Wechselrichterschaltung (G_{si}) zur Erzeugung einer hochfrequenten Wechselspannung, mit einem Hochspannungserzeuger (G_{su}) zur Umwandlung der Wechselspannung in die Röntgenröhrenhochspannung und
10 mit einer Spannungsregeleinrichtung (G_{RU}), die auf Basis der Abweichung einer Ist-Röntgenröhrenspannung ($V_U(t)$) von einer Soll-Röntgenröhrenspannung ($W_U(t)$) einen ersten Stellgrößenwert ($Y_U(t)$) für die Wechselrichterschaltung (G_{si}) erzeugt.
Die Schaltungsanordnung weist außerdem eine Messschaltung (7)
15 zur Messung eines an einem Ausgang der Wechselrichterschaltung (G_{si}) anliegenden Schwingstroms ($i_{sw}(t)$) der Hochfrequenzwechselspannung und eine Schwingstromregeleinrichtung (G_{RI}) auf, um auf Basis der Abweichung eines Ist-Schwingstromwerts ($V_I(t)$) von einem Schwingstrom-Maximalwert (W_{I_max})
20 einen zweiten Stellgrößenwert ($Y_I(t)$) für die Wechselrichterschaltung (G_{si}) zu erzeugen. Der Spannungsregeleinrichtung (G_{RU}) und der Schwingstromregeleinrichtung (G_{RI}) ist eine Schalteinrichtung (8) nachgeschaltet, welche den ersten Stellgrößenwert ($Y_U(t)$) und den zweiten Stellgrößenwert
25 ($Y_I(t)$) vergleicht und nur den jeweils kleineren Stellgrößenwert ($Y_U(t)$, $Y_I(t)$) als resultierenden Stellgrößenwert ($Y(t)$) an die Wechselrichterschaltung (G_{si}) weiterleitet.

FIG 2

FIG 1A

Stand der Technik

**FIG 1B**

Stand der Technik

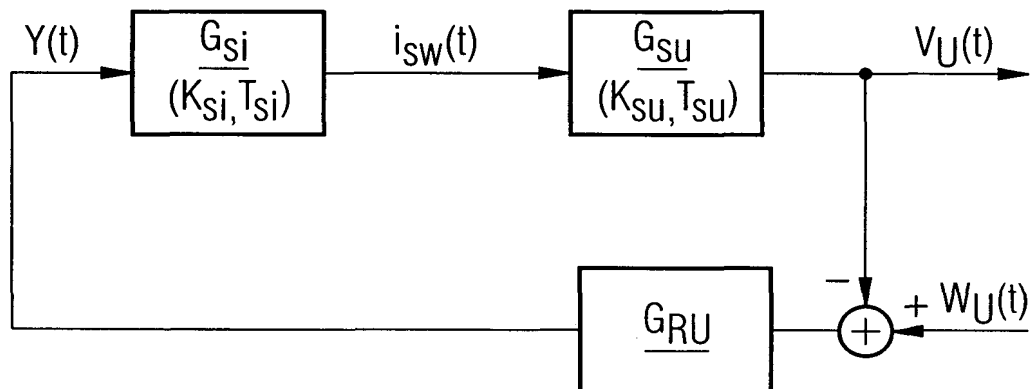


FIG 2

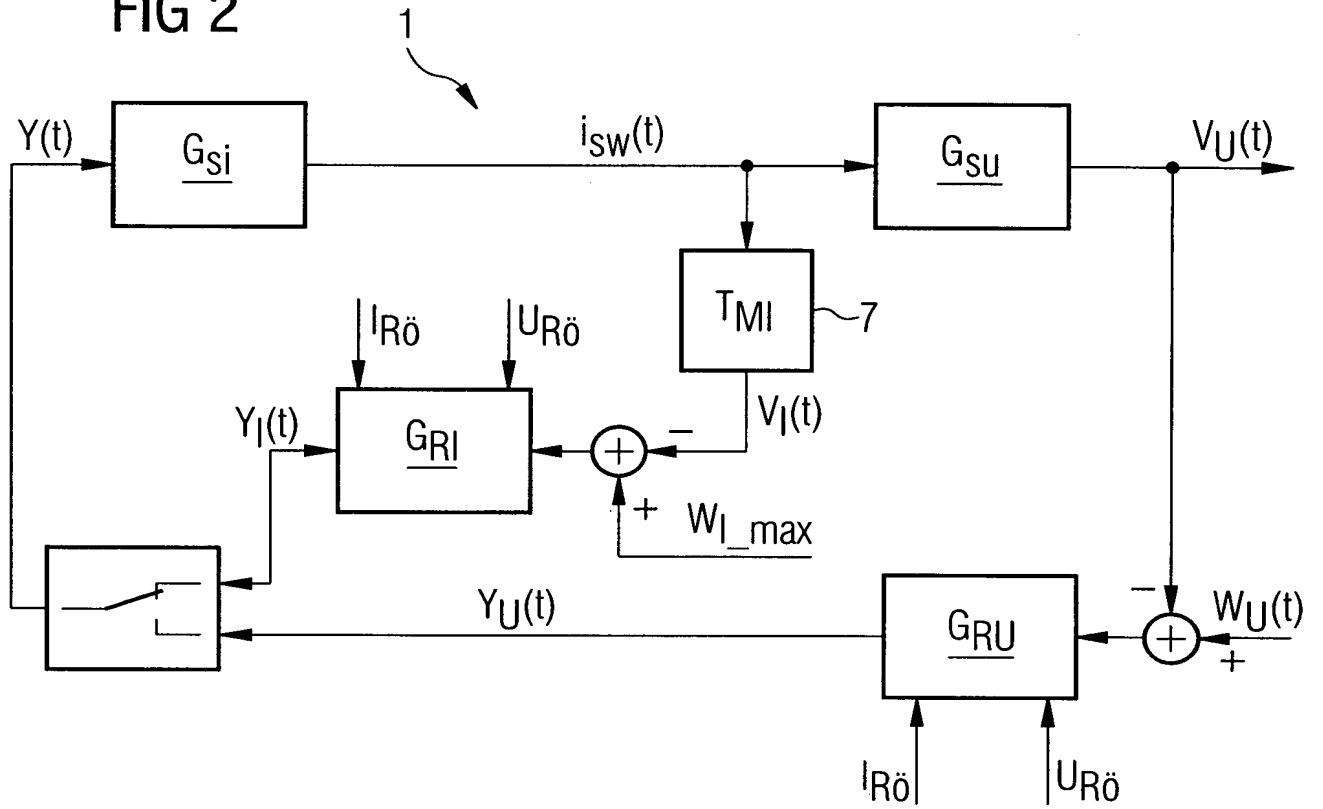


FIG 3

